

протягивающего ленту приводного механизма. Соотношение скорости движения ленты, скорости стекания по ней очищаемой жидкости, а также ее количества, поступающего на ленту, определяется степенью и характером загрязнения жидкости.

Устройство для очистки жидкостей от механических примесей, в котором очистка жидкости совмещена с одновременной очисткой фильтра, в процессе работы требует энергетических затрат.

Энергетические затраты на питание устройства могут быть частично компенсированы путем использования энергии стекания жидкости с конца ленты. Учитывая относительно малую высоту падения конденсата, можно применять колесо с чашеобразными концами лопастей, которое позволяет использовать не только кинетическую энергию падения конденсата, но и его массу в лопастях, способствующую вращению колеса. Механическая энергия вращения колеса может быть преобразована в дальнейшем с помощью генератора в электрическую энергию. Энергию генератора постоянного тока удобно использовать для зарядки аккумулятора.

1. Авторское свидетельство СССР №1039528, МПК7 VOID 35/10, 1983.

2. Авторское свидетельство СССР №1373418, МПК7 VOID 33/00, 1988.

3. Яковлев С.В., Калишун В.И. Механическая очистка сточных вод. – М.: Стройиздат, 1972. – 198 с.

Получено 29.05.2006

УДК 697.34 : 681.5

Н.А.ШУЛЬГА, А.А.БОБУХ, кандидаты техн. наук, Д.А.КОВАЛЕВ

Харьковская национальная академия городского хозяйства

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКРЫТОЙ СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ КАК СЛОЖНОГО ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

Рассматриваются вопросы исследования закрытой системы централизованного теплоснабжения (СЦТ) города как сложного объекта управления. Для решения задач управления предложено рассматривать закрытую СЦТ как своеобразный многоступенчатый граф, для которого рассмотрены некоторые критерии качества управления.

Закрытая СЦТ города представляет собой сложную систему [1, 2], которой присущи следующие пять характерных особенностей:

- наличие подсистем, у каждой из которых существует своя цель функционирования, которая в свою очередь подчиняется общей цели функционирования системы;
- наличие иерархической (многоступенчатой) структуры системы управления с большим количеством связей между подсистемами;
- наличие элементов самоорганизации, которые определяют поведе-

ние подсистем управления в зависимости от изменения внешних условий;

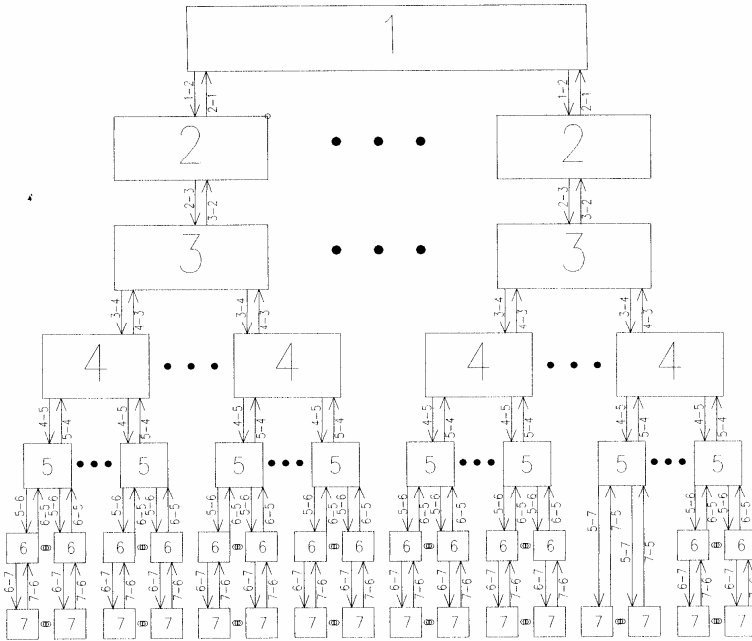
- наличие в системе относительно большой номенклатуры технических средств, которые отличаются по принципу действия и роли, которую они выполняют в системе;
- участие оперативного персонала в процессе управления технологическими процессами.

Современная наука имеет единый комплекс понятий о представлении сложных систем и основных идеях их создания, но в то же время еще не содержит всех необходимых методов решения задач, связанных с управлением такими системами. Например, известно [3], что для систем водоснабжения и газоснабжения широкое распространение на практике получили математические модели установившегося процесса потокораспределения, базирующиеся на предпосылках, которые можно в первом приближении применять при разработке математических моделей для закрытых СЦТ:

- СЦТ представляет собой систему взаимодействия большого числа подсистем трех типов: потребителей, активных элементов и пассивных элементов;
- каждая ступень характеризуется двумя изменяющимися параметрами: потерей тепла и перепадом давления, а также выбранным направлением движения теплоносителя;
- для нормального обеспечения потребителя тепловой энергией необходимо, чтобы величина давления теплоносителя была не меньше некоторого минимально допустимого значения;
- к активным элементам закрытой СЦТ следует отнести: источник теплоснабжения, насосные станции, районные предприятия теплоснабжения, центральные и индивидуальные тепловые пункты;
- пассивными элементами являются линии связи, представляющие собой участки трубопроводов. К пассивным элементам следует также отнести регулирующие органы;
- структурой закрытой СЦТ называется число ступеней, которые составляют так называемый граф сети, отражающий характер связи между этими ступенями;
- расход теплоносителя от источника, подаваемый в закрытую СЦТ, равен расходу теплоносителя, возвращаемого на источник. Это позволяет рассматривать закрытую СЦТ как транспортную систему;
- в системе имеют место законы Кирхгофа (постулаты сетей): 1) алгебраическая сумма расходов теплоносителя в любом узле сети равна нулю; 2) суммарные потери перепада давления по любому

замкнутому циклу тоже равны нулю.

Указанные предпосылки позволяют представить закрытую СЦТ как многоступенчатый граф [4], в котором осуществляются следующие технологические процессы: производство и отпуск теплоты, транспортирование и использование теплоносителя для создания комфортных условий в соответствующих помещениях у потребителей (рисунок).



Граф семиступенчатой закрытой СЦТ:

1 – источник тепловой энергии (ТЭС или котельная), $i = \overline{1, n}$; 2 – магистральные тепловые сети с подкачивающими насосными станциями на них и магистральными камерами, $i = \overline{1, m}$; 3 – районное предприятие теплоснабжения (ПТС); 4 – центральный тепловой пункт (ЦТП) на группу зданий, $i = \overline{1, j}$; 5 – внутриквартальные тепловые сети, $i = \overline{1, l}$; 6 – индивидуальный тепловой пункт (ИТП), $i = \overline{1, p}$; 7 – потребитель тепловой энергии, $i = \overline{1, z}$; 1-2, 2-3, 3-4, 5-6, 6-7 – направление движения теплоносителя от источника к потребителю тепловой энергии через соответствующие ступени графа; 7-6, 6-5, 5-4, 4-3, 3-2, 2-1 – обратное направление движения теплоносителя от потребителя тепловой энергии к источнику.

Поскольку назначение закрытой СЦТ состоит из обеспечения по-

требителей необходимым количеством теплоносителя требуемых параметров, то непрерывное увеличение числа потребителей и изменение параметров технологических процессов приводит к постоянному увеличению требований, предъявляемых к закрытой СЦТ, и, следовательно, к уточнению критериев их управления. Управляемыми переменными закрытой СЦТ являются параметры и структура отдельных ступеней иерархии, поэтому задача оперативного управления закрытой СЦТ заключается в том, чтобы с помощью изменения структуры и параметров технологических процессов в управлении ступенями системы компенсировать изменение параметров непосредственно у потребителей. В то же время решение задач управления на каждой из ступеней закрытой СЦТ, как правило, разнесено во времени и в пространстве, для этого требуется оперативная информация различного объема и характера, математические модели, описывающие объект управления, различные критерии и методы решения задач управления.

Для выбора целенаправленной стратегии функционирования и развития закрытой СЦТ города необходимо в первом приближении сформулировать критерии качества управления этой системой. Для получения критериев качества управления отдельными ступенями закрытой СЦТ по аналогии [3] рассмотрим некоторые параметры этой системы.

Избыточное давление в i -й ступени закрытой СЦТ принято характеризовать величиной перепада давления (ΔP_i):

$$\Delta P = P_i / \gamma, \quad (1),$$

где P_i – избыточное давление теплоносителя в i -й ступени; γ – плотность теплоносителя.

Для каждой i -й ступени закрытой СЦТ существует минимально допустимый перепад давления ΔP_i^{\min} , $i \in N$, при котором выполняется условие обеспечения потребителей теплоносителем требуемых параметров, подключенных к данной ступени. Здесь $N = \{1, 2, \dots, n\}$ – множество всех ступеней закрытой СЦТ.

Для выполнения закрытой СЦТ своего функционального назначения в момент времени t , т.е. обеспечения теплоносителем требуемых параметров всех потребителей, подключенных к каждой i -й ступени, необходимо и достаточно, чтобы для всех ступеней системы в этот момент времени выполнялось условие:

$$P_{it} \geq \Delta P_i^{\min}, \quad i \in N. \quad (2)$$

В противном случае потребитель может недополучить теплоноситель требуемых параметров. Таким образом, по величине перепада давления в ступенях закрытой СЦТ можно судить об эффективности ее управления с точки зрения выполнения системой своего функционального назначения. Изменение перепада давления на каждой ступени закрытой СЦТ на заданном интервале времени T будем характеризовать функционалом вида:

$$\Phi_i = \frac{1}{T} \int_0^T \varphi_i [P_i(t)] dt, \quad (3)$$

где $P_i(t)$ – случайный процесс изменения величины перепада давления в i -й ступени закрытой СЦТ.

$$\varphi_i [P_i(t)] = \begin{cases} 1, & \text{если } P_i(t) < \Delta P_i^{\min} \\ 0, & \text{если } P_i(t) \geq \Delta P_i^{\min}. \end{cases} \quad (4)$$

Функционал (4) характеризует относительное время, в течение которого закрытая СЦТ не выполняла полностью своего функционального назначения, т.е. не обеспечивала теплоносителем i -го потребителя в требуемом объеме с требуемыми параметрами.

Если информация о величине перепада давления поступает в дискретные моменты времени $t, t-1, \dots$, то в этом случае выражение (3) имеет вид:

$$\Phi_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \varphi_i [P_{it}] \Delta t, \quad i \in N, \quad (5)$$

где T – общее число дискретов времени, в которые поступала информация о P_{it} ; Δt – шаг квантования процесса $P_i(t)$ по времени.

Если считать [5], что процесс $P_i(t)$ является стационарным, тогда вероятность того, что значение $P_i(t)$ будет меньше или равно ΔP_i^{\min} , можно определить как:

$$P[P_i(t) \leq \Delta P_i^{\min}] = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \varphi_i [P_{it}] \Delta t. \quad (6)$$

В этом случае значение Φ_i , определяемое по формуле (5), можно рассматривать как оценку вероятности отказа закрытой СЦТ в i -й ступени системы. Для учета длительности и глубины ограничений потре-

бителей, подключенных к каждой i -й ступени системы, вместо (5) используем выражение вида:

$$\Phi_i = \frac{1}{T\Delta P_i^{\min}} \sum_{t=1}^T \varphi_i[P_{it}] (\Delta P_i^{\min} - P_{it}) \Delta t. \quad (7)$$

Итак, закрытая СЦТ рассмотрена как сложная система, представляющая собой своеобразный семиступенчатый граф, для которого рассмотрены некоторые критерии качества управления, а выражения (5) и (7) позволяют математически сформулировать критерии надежного управления такой системой и перейти на качественно новый уровень решения задач оперативного управления распределением теплоносителя потребителям.

1. Трегуб В.Г. Основы комп'ютерно-інтегрованого керування. – К.: НУХТ, 2005. – 191 с.
2. Бобух А.О. Автоматизовані системи керування технологічними процесами. – Харків: ХНАМГ, 2006. – 185 с.
3. Евдокимов А.Г., Петросов В.А. Информационно-аналитические системы управления инженерными сетями жизнеобеспечения населения. – Харьков: ХТУРЭ, 1998. – 412 с.
4. Татт У.Т. Теория графов. – М.: Мир, 1988. – 424 с.
5. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов. – М.: Мир, 1976. – 755 с.

Получено 12.05.2006

УДК 658.24

А.А.АЛЕКСАХИН, канд. техн. наук

Харьковская национальная академия городского хозяйства

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РАСЧЕТНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСХОДА СЕТЕВОЙ ВОДЫ ПРИ ДВУХСТУПЕНЧАТОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ СХЕМЕ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Анализируется влияние систематических погрешностей в исходных расчетных величинах на погрешность определения расхода греющего теплоносителя. Предложены рекомендации по организации вычислительного процесса.

Возможность более полного использования теплоты сетевой воды и сокращения за счет этого ее расхода обусловила широкое распространение двухступенчатых схем присоединения теплообменников водонагревательных установок (ВНУ) при проектировании тепловых пунктов [1-3]. Для переменных режимов работы установки расход сетевой воды и другие параметры находят из совместного решения уравнений теплового баланса для отопительного комплекса и теплообменников ступеней ВНУ [3, 4]. В [5] предложено решение указанной системы для последовательной схемы ВНУ, позволяющее учитывать из-